

PAT-NO: JP02004141898A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2004141898 A

TITLE: FRICTION STIRRING AND JOINING METHOD AND
DEVICE

PUBN-DATE: May 20, 2004

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
OKAMOTO, KAZUTAKA	N/A
HIRANO, SATOSHI	N/A
DOI, MASAYUKI	N/A
INAGAKI, MASATOSHI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HITACHI LTD	N/A

APPL-NO: JP2002307782

APPL-DATE: October 23, 2002

INT-CL (IPC): B23K020/12

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an intermittent friction stirring and joining device having a compact machine head ready for extensive applications, and an intermittent friction stirring and joining method.

SOLUTION: In the friction stirring and joining device provided with a tool 1 having a shoulder part 1a of large diameter and a pin part 1b of small diameter projecting in the axial direction which performs the joining by inserting the tool in a work while rotating the tool, the tool, a moving mechanism thereof, and a backing member 5 of the work are accommodated in one frame 10. A tool

moving device includes a spindle motor 2 to rotate the tool, axial
moving
devices (4, 13a, 13b, and 14) to move the tool in the rotary shaft
direction,
and joining direction moving devices (9 and 17) to move the tool
along the
joining line of the work. The device holds a part of the work and
joins it for
a short distance, and is applicable even when the work has a
complicated shape
or the work is difficult to move.

COPYRIGHT: (C) 2004, JPO

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-141898

(P2004-141898A)

(43) 公開日 平成16年5月20日(2004.5.20)

(51) Int. Cl.⁷

B23K 20/12

F I

B23K 20/12 310

B23K 20/12 346

テーマコード(参考)

4E067

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2002-307782 (P2002-307782)

(22) 出願日 平成14年10月23日(2002.10.23)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

(72) 発明者 岡本 和孝

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号

株式会社日立製作所日立研究

所内

(72) 発明者 平野 聡

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号

株式会社日立製作所日立研究

所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 摩擦撚拌接合方法および装置

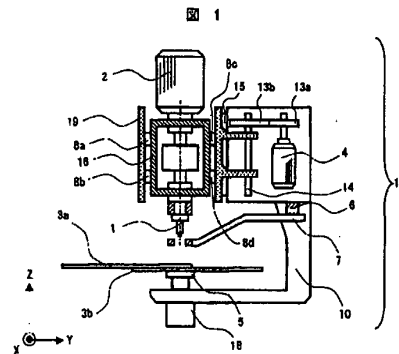
(57) 【要約】

【課題】広範な用途に対応できる、コンパクトなマシンヘッドを有する間欠摩擦撚拌接合装置と接合方法を提供する。

【解決手段】径大のショルダー部1aと軸線方向に突出する径小のピン部1bとを有するツール1を備え、該ツールを回転させながら被接合材に挿入することにより接合を行う摩擦撚拌接合装置において、ツールとその移動機構及び被接合材の裏当て部材5を1つのフレーム10の中に納めた。ツール移動装置は、ツールを回転する主軸モーター2と、ツールを回転軸方向に移動する軸方向移動装置(4, 13a, 13b, 14)と、ツールを被接合材の接合線に沿って移動する接合方向移動装置(9, 17)を含む。

本発明の装置は、被接合材の一部を把持して短い距離を接合するように構成されているので、被接合材が複雑な形状をし、また移動が困難であっても適用できる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

被接合材の裏面に裏当て部材を当て、径大のショルダー部の先端に径小のピン部を有するツールを回転させながら前記ピン部を被接合材に挿入し、前記ツールと被接合材との間で生ずる摩擦熱と塑性流動を利用して接合を行う摩擦攪拌接合方法において、前記ツールとその移動機構及び前記裏当て部材を1つのフレームの中に納め、前記裏当て部材と前記ツールとの間に被接合材を挟んで前記ツールを回転させながら前記ピン部を被接合材に挿入し、前記フレームを動かさずに前記ツールのみを被接合材の接合線方向へ移動して接合を行うことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項2】

請求項1において、前記ツールを被接合材の接合線方向へ所望の距離だけ移動させて被接合材の一部を接合したならば、前記ピン部を被接合材から引き抜き、前記フレームと被接合材の一方を移動させて再び所望の距離だけ接合し、これを繰り返すことによって被接合材を接合線方向に非連続的に接合することを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項3】

請求項1において、前記ツールを主軸モーターにより回転し、該主軸モーターの電流値が所定の値に到達するまで前記ピン部を被接合材に挿入することを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項4】

ショルダー部とピン部を有するツールを回転させながら前記ピン部を被接合材に挿入し、前記ツールと被接合材との間で生ずる摩擦熱と塑性流動を利用して接合を行う摩擦攪拌接合方法において、前記被接合材の接合線方向に沿って間欠的に接合していくことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項5】

請求項1において、1回あたりの接合長さを5～20mmとすることを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項6】

請求項4において、1回あたりの接合長さを5～20mmとすることを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項7】

径大のショルダー部と軸線方向に突出する径小のピン部とを有するツールを備え、該ツールを回転させながら被接合材に挿入することにより接合を行う摩擦攪拌接合装置において、前記ツールとその移動機構及び被接合材の裏当て部材を1つのフレームの中に納めたことを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項8】

請求項7において、前記ツール移動機構が、前記ツールを回転する主軸モーターと、前記ツールを回転軸方向に移動する軸方向移動装置と、前記ツールを被接合材の接合線に沿って移動する接合方向移動装置を含むことを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項9】

請求項7において、前記ツールが挿入される側から被接合材を押さえる被接合材固定治具とその移動装置を、前記フレームの中に納めたことを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項10】

請求項8において、前記主軸モーターはスピンドルモーター、インダクションモーターまたはサーボモーターのいずれかであることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項11】

請求項8において、前記軸方向移動装置と前記接合方向移動装置による前記ツールの移動は、いずれもサーボモーターによって行うことを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項12】

請求項9において、前記固定治具移動装置による前記固定治具の移動は、サーボモーター

によって行うことを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項13】

請求項11において、前記軸方向移動装置と前記接合方向移動装置による前記ツールの移動は、いずれも静水圧シリンダーで行うことを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項14】

請求項12において、前記固定治具移動装置による前記固定治具の移動は、静水圧シリンダーで行うことを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項15】

請求項8において、前記主軸モーターの電流値を検出する電流検出器と、該電流検出器により検出された主軸モーター電流値に応じて被接合部材への前記ツールの挿入量を決定する演算装置と、被接合部材への前記ツールの挿入量を制御する制御装置を備えたことを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

10

【請求項16】

請求項9において、前記固定治具は被接合材の接合線に沿ってI型の溝を有し、前記接合方向移動装置は前記I型の溝に沿って前記ツールを移動するように構成したことを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項17】

請求項7において、前記フレームはC型の形状をしていることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項18】

請求項7において、前記フレームをロボットアームの先端に取り付けたことを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ショルダー部とピン部を有するツールを回転させながら被接合材に挿入し、ツールと被接合材との間で生ずる摩擦熱と塑性流動を利用して接合を行う摩擦攪拌接合方法及び接合装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

摩擦攪拌接合（以下F S Wという）は、被接合材を融点以下の温度で固相接合できることが特徴の1つである。アルミニウム、銅、マグネシウム或いはそれらの合金を接合するのに適する。F S Wでは、被接合材よりも硬い材質のツールが回転しながら被接合材に荷重を加えて挿入される。このため、通常の方法では、被接合材の裏面に裏当てが施される（たとえば、特許文献1参照）。

30

【0003】

また、被接合材の接合線に沿って連続的に接合するのではなく、点接合するスポット接合法も提案されている（たとえば、特許文献2参照）。

【0004】

【特許文献1】

特開平11-230320号公報（段落0016、図2）

【特許文献2】

特開平2001-314982号公報（要約、図1）

40

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ツールのピン部を被接合材に挿入したままで、被接合材の接合線に沿って連続的に接合する通常のF S Wの施工方法は、形状が複雑な被接合材には適用しにくい。なぜならば、被接合材が曲面形状を有していた場合、被接合材の接合線の全域にわたって裏当て部材を密着させるのは容易ではない。被接合材へのピン挿入深さを一定に保たままツールを移動させるのも難しい。小さな裏当て部材を用い、ツールの移動に合わせて裏当て部材を移

50

動させていく方法も考えられるが、裏当て部材を被接合材に押付けるための器具も一緒に移動させなければならないので、適用できる範囲が限られる。

【0006】

F S Wでスポット接合する方法は、接合強度の観点から、やはり適用範囲が制約される。

【0007】

本発明の目的は、複雑な形状の被接合材であってもF S Wが適用できるようにF S W装置を改良し、また接合方法を工夫したことにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は、径大のショルダー部と軸線方向に突出する径小のピン部とを有するツールを備え、該ツールを回転させながら被接合材に挿入し、ツールと被接合材との間で発生する摩擦熱と塑性流動現象を利用して接合を行う摩擦攪拌接合装置において、前記ツールとその移動機構及び被接合材の裏当て部材を1つのフレームの中に納めたことにある。

【0009】

裏当て部材を被接合材に向けて押し上げる裏当て部材移動装置を前記フレームの中に納めても良い。

【0010】

本発明では、被接合材を裏当て部材とツールとの間に挟み、ツールを回転させながら回転軸方向に移動させてピン部を被接合材に挿入する。そして、フレームは動かさずにツールのみを被接合材の接合線に沿って移動させる。フレームの移動はないから、接合できる長さはおのずと限られる。1回あたりの接合長さはせいぜい数十mmまでであろう。所望の長さ例えば数mmないし数十mmの長さを接合したならば、ツールを被接合材から引き抜き、被接合材を移動させるか或いはフレームを移動させて、新たに接合すべき箇所をツールの真下に持ってくる。そして、再び接合を行う。このような操作を複数回繰り返して、被接合材の接合線全域を非連続的すなわち間欠的に接合する。

【0011】

被接合材を押さえる固定治具とその移動装置をフレームの中に納め、被接合材を裏当て部材と固定治具とにより押さえて接合を行うことは、より好ましい実施態様といえる。

【0012】

本発明によれば、ツールとその移動装置及び裏当て部材を1つのフレームの中に納めてあるので、F S W装置がコンパクトになる。接合線の長さが長い場合には、フレームを移動させて行くか或いは被接合材の方を移動させていけばよいので、接合するのに場所を取らない。曲面のある複雑な形状の被接合材であっても、被接合材を押さえている箇所はごく一部であるので、適用が容易である。

【0013】

【発明の実施の形態】

本発明による摩擦攪拌接合装置の構造と動作の概略を、図面を用いて説明する。図1および図2は、便宜上設定した直交座標系のX軸およびY軸方向からC型ヘッド11を見た図である。また図3は、接合部近傍を拡大した斜視図である。C型ヘッド11は、本発明のF S W装置の最小単位をなすものである。本実施例のC型ヘッド11は、C型フレーム10を有し、そこにツール1とツール移動装置、裏当て部材5とその移動装置、及び被接合材を押さえるための固定治具7とその移動装置が納められている。裏当て部材5の移動装置及び固定治具7の移動装置は、いずれも静水圧シリンダーが好ましく、本実施例では油圧シリンダー6、18を備えている。ツール1は主軸モーター2によって回転される。ツールを回転軸方向に移動する装置は、モーター4とボールねじ14と歯車13a、13bとガイド15を有する。モーター4により歯車13a、13b及びボールねじ14が回転し、ガイド15に導かれてマシンヘッドケーシング19に納められたマシンヘッド16が上下に移動する構造となっている。マシンヘッド16にはツールが取り付けられているので、ツール1も上下に移動する。

【0014】

ツールを被接合材の接合線に沿って移動する接合方向移動装置は、マシンヘッド16を移動するためのシリンダー9とガイド8a, 8b, 8c, 8d及びストッパー17を有する。マシンヘッド16は、シリンダー9の駆動によりガイド

8a, 8b, 8c, 8dに導かれて被接合材3a, 3bの接合線に沿って移動し、ストッパー17に接触して停止する。ストッパー17の位置を調整することでツールの接合方向の移動量を変更することができる。

【0015】

F S W装置の最小単位をなすC型ヘッド11は、図5に示すようにロボットアーム12の先端に取り付けることができる。図5のロボットアーム12は、A軸、B軸及びC軸の関節軸と、P軸、Q軸及びR軸の回転軸を有している。

10

【0016】

ロボットアーム12により、裏当て部材5を下側の被接合材3bに密着させて位置を合わせた後、油圧シリンダー6を駆動して固定治具7を移動し、被接合材3aおよび3bを固定治具7と裏当て部材5によりクランプする。次にツールを主軸モーター2により回転する。回転数は被接合材の材質や形状に依存するが、およそ1000~3000rpm程度である。次いで、モーター4を駆動してツールを下降させ、ピン部を被接合材へ所定の深さ挿入する。ツール1には、図3に示すようにショルダー部1aとピン部1bが設けられている。所定の深さとは、主軸モーター2または軸方向移動用のモーター4の電流値をモニターし、所定の電流値に達した場合の深さとして制御する。つまり、主軸モーター2または軸方向移動用のモーター4の電流値が所定の値に達するまでピンを被接合材へ押し込む。被接合材へツールを挿入した状態で、シリンダー9例えば静水圧シリンダーを駆動し、所望の距離を接合したならば、モーター4によりツールを上方へ移動し、マシンヘッド16を元の位置へ戻す。次いで、被接合材3a, 3bを移動するか或いはC型ヘッド11を移動して、次の接合箇所がツールの位置に来るようにする。そして、再び、同じような操作を行って、所望の距離だけ接合する。

20

【0017】

本発明のF S W装置において、主軸モーターはスピンドルモーター、インダクションモーターまたはサーボモーターが好ましい。またツールを回転軸方向に上下移動するモーターは、サーボモーターが好ましい。ツールを接合線の方へ移動する接合方向移動用シリンダーおよび固定治具を移動する静水圧シリンダーは、応答性を考慮すると油圧駆動が好ましい。

30

【0018】

被接合材を押さえる固定治具7にはI型の溝を形成し、ツール1をこの溝内に沿って移動させるようにすると良い。固定治具7をこのような形状とすることで、被接合材3a, 3bは接合部近傍で強固に固定され、変形防止に有効に作用する。いずれの機器もC型ヘッド11をよりコンパクトにすることが重要である。

【0019】

本発明のC型ヘッド11を組み込んだロボット型摩擦攪拌接合装置を試作し、アルミニウムの重ね接合を実施した。図5にロボット型摩擦攪拌接合装置の概略を示す。汎用のロボットアーム12の先端にC型ヘッド11が設置されている。被接合材3a, 3bはいずれも厚み1mmのA5083よりなるアルミニウム材である。固定治具7を移動する油圧シリンダー6の押し付け力は200kgfとした。ツール1は熱処理を施した工具鋼製で、ショルダー部1aの直径は7mm、ピン部1bの直径は3mm、ピン部1bの長さは1.5mmとし、ピン部1bにはねじ状の螺旋溝を表面に設けた。主軸モーター2には、出力4kWのスピンドルモーターを使用し、回転数は1000rpmとした。被接合材3aへの回転ツール1の挿入量は1.5mmとし、挿入速度は30mm/とした。マシンヘッド16を接合方向に移動するシリンダー9の駆動力は50kgfに設定した。

40

【0020】

このような条件で接合した被接合材の接合部の断面マイクロ組織を図6に示す。被接合材3aおよび3bは無欠陥で接合された。

50

【0021】

次に接合長さ (L_1) と接合間隔 (L_2) を種々の値とし、接合試験を試みた。図7に示すように、試料は板厚1mm、幅70mm、長さ100mmのA5083よりなるアルミニウム材である。重ね幅は10mmである。接合条件は、上記と同様とし、接合方向は幅方向とした。接合長さ (L_1)、接合間隔 (L_2)、接合ビード本数、全接合長を表1に示す。

【0022】

【表1】

表 1

試料 No.	接合長さ L_1 /mm	接合間隔 L_2 /mm	接合ビード 本数/本	全接合長さ /mm	備考
1	0	14	—	0	スポット接合 (接合点数:10点)
2	5	6	6	30	間欠接合
3	10	10	3	30	間欠接合
4	15	10	2	30	間欠接合
5	30	0	1	30	連続接合

【0023】

試料No. 1はスポット接合したものであり、試料No. 5は連続接合したものである。試料No. 2～5は、間欠的に接合したものであり、いずれも全接合長さは30mmである。これらの試料を長手方向にせん断試験したときのせん断荷重を図8に示す。なお縦軸は試料No. 5の破断荷重でノーマライズした(試料No. 5の破断荷重を1とした無次元化せん断荷重)。その結果、試料No. 2～4の破断荷重は、連続接合したNo. 5よりやや低下するものの、その90%以上の破断荷重を示した。一方、No. 1のスポット

接合では破断荷重が極めて低くなり、接合点数が多い割には間欠接合の半分程度の強度しか得られなかった。また一部の試料についてせん断疲労試験したときのせん断荷重を図9に示す。この場合も縦軸は試料No. 5の破断荷重でノーマライズした。間欠接合したNo. 3の接合部疲労強度は、連続接合したNo. 5に比べやや劣るものの、優れた疲労強度を示した。しかしスポット接合したNo. 1では、疲労強度は顕著に低下した。これらの結果から、1回あたりの接合長さは、5～20mmの範囲が望ましい。

【0024】

以上の実施例により、間欠的な直線接合が単純なスポット接合よりも優れていることが確認できた。本発明のFSW装置の特徴は、C型ヘッド11に直線接合機能を全て盛込んだ点にある。これによれば、C型ヘッド11と被接合材3a, 3bの相対位置関係は不変であるにもかかわらず、所望の長さにわたって線状の接合が実現できる。1回の接合長は数mmであり連続接合よりは短くなるが、間欠的に接合することにより、接合部の強度を確保できる。複雑な形状を有する被接合材であっても、C型ヘッドの裏当て部材で挟むのは被接合材のごく一部分であるので、本発明を適用できる。また、移動するのが難しい被接合材に対しては、C型ヘッドを汎用のロボットアームの先端に取り付けて移動すれば良く、本発明によればFSWの適用範囲が拡大することが可能となる。

【0025】

【発明の効果】

本発明により、FSWの適用範囲拡大を図ることが可能になった。

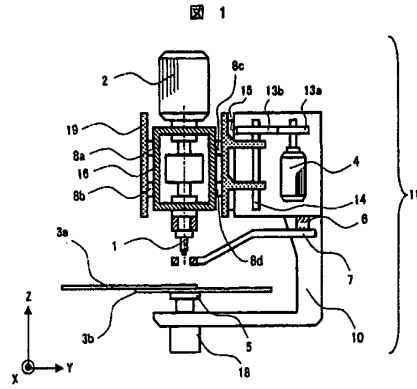
【図面の簡単な説明】

- 【図1】本発明の一実施例を示すC型ヘッドの正面図。
- 【図2】本発明の一実施例を示すC型ヘッドの側面図。
- 【図3】本発明による摩擦攪拌接合装置のツール近傍の斜視図。
- 【図4】本発明の摩擦攪拌接合方法を示す斜視図。
- 【図5】C型ヘッドを汎用ロボットアームに取り付けた摩擦攪拌接合装置の概略図。
- 【図6】本発明の方法により得られた接合部の断面ミクロ組織を示す写真。
- 【図7】本発明の実施例に用いた強度評価試験片の形状、寸法を示す斜視図。
- 【図8】本発明の実施例で得られた試料の無次元化せん断荷重を示す図。
- 【図9】本発明の実施例で得られた試料の無次元化せん断荷重とサイクルの関係図。

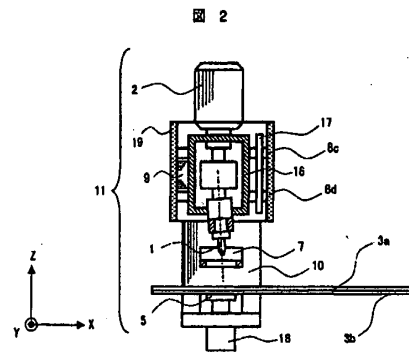
【符号の説明】

1…ツール、1a…ショルダー部、1b…ピン部、2…主軸モーター、3a, 3b…被接合材、4…モーター、5…裏当て部材、6, 18…油圧シリンダー、7…固定治具、8a, 8b, 8c, 8d…ガイド、9…シリンダー、10…C型フレーム、11…C型ヘッド、12…ロボットアーム、13a, 13b…歯車、14…ボールねじ、15…ガイド、16…マシンヘッド、17…ストッパー、19…マシンヘッドケーシング。

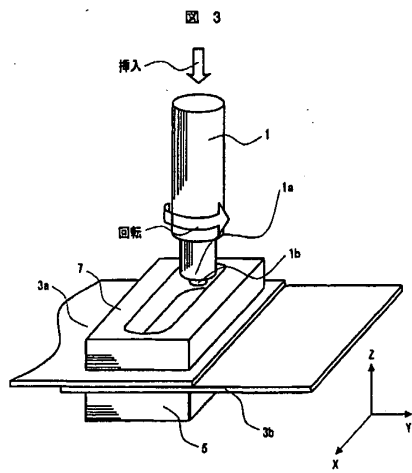
【図 1】



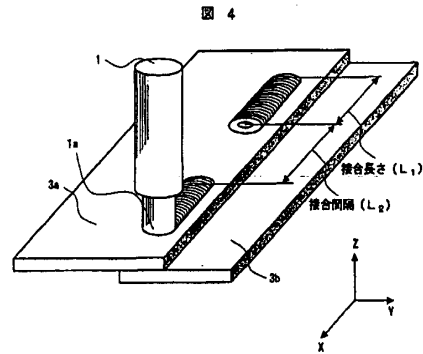
【図 2】



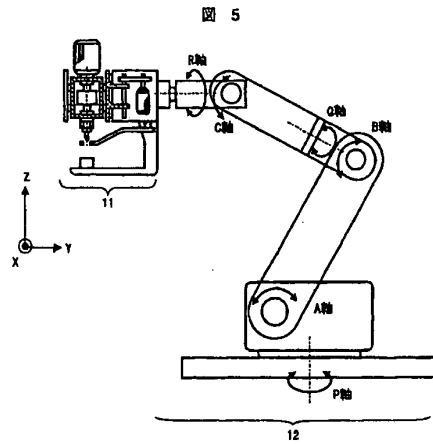
【図 3】



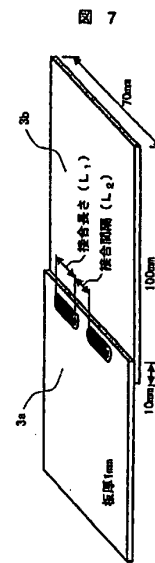
【図 4】



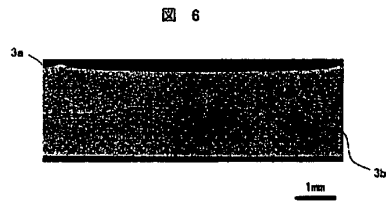
【図 5】



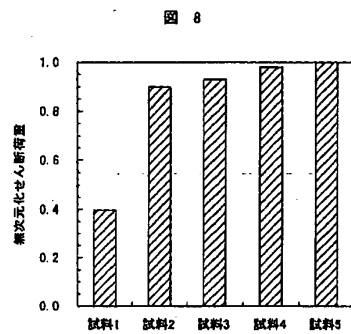
【図 7】



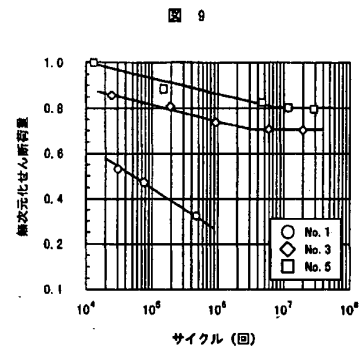
【図 6】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 土井 昌之

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号

株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 稲垣 正寿

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号

株式会社日立製作所日立研究所内

Fターム(参考) 4E067 AA05 BC00 CA04 DA17 DC07 EC03